



Prediksi Efek Pendinginan Ruang Terbuka Hijau dengan Menggunakan Persamaan Empiris di Kampus IPB Darmaga

The Cooling Effect Estimation of Green Space Area Using an Empirical Approach in IPB Darmaga Campus

Sobri Effendy* dan Ahmad Sururi

Departemen Geofisika dan Meteorologi, Gedung FMIPA, IPB, Jl. Meranti Wing 19 Lv.4 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 August 2015

Received in revised form 12 April 2017

Accepted 2 August 2017

doi: 10.29244/j.agromet.31.2.53-61

Keywords:

Canopy
Cooling effect
Empirical study
Green space area
Partial shade area

ABSTRACT

Green space area has contributed to increase atmospheric condition in surrounding area. Here we would like to test the cooling effect of small green area located in IPB campus Darmaga. We monitored air temperature at the morning (6 am) and afternoon (2 pm) for period March-June 2013 in three different sites in campus. Totally, we collected 658 observed data. Our results showed that partial shade area (PSA) and site were the most influenced factors that contributed to the cooling effect. It appears that the cooling effect was found until a distance of 50 m from each monitoring site. The cooling effect varied among sites, but it is consistent that the maximum effect occurred during afternoon. Our analysis confirmed that PSA has contributed to the cooling effect until 28%. Other factors that contributed to the cooling effect were vegetation characteristics and geometric configuration of the canopy. Further, our findings revealed that greenspace area is valuable to minimize high temperature effect from traffic street.

PENDAHULUAN

Urbanisasi menyebabkan fenomena *urban heat island* (UHI) di beberapa daerah akibat penurunan ruang terbuka hijau (RTH) (Feng et al., 2014; Radhi et al., 2013; Wu et al., 2014; Zhang et al., 2013; Zhao et al., 2014). Pengurangan RTH ini menyebabkan perubahan suhu udara lokal (Argüeso et al., 2014; Fu and Weng, 2016; Li et al., 2013; Ren and Zhou, 2014). Pertambahan bangunan mengurangi tutupan lahan alami seperti tanah dan vegetasi. Peningkatan luas lahan terbangun tidak hanya mempengaruhi lingkungan, tetapi juga sosial ekonomi masyarakat (Haq, 2011; Schmitz et al., 2014; Wu et al., 2013; Yu et al., 2013). Pertumbuhan dan perubahan tata lahan yang terus meningkat tidak diimbangi dengan RTH yang memadai akan memperkuat fenomena UHI. Analisis kuantitatif membuktikan bahwa saat siang hari, daerah industri terukur memiliki suhu permukaan lebih tinggi dibandingkan dengan daerah perdagangan dan bisnis, sedangkan daerah taman memiliki suhu permukaan paling rendah (Kardinal Jusuf et al., 2007).

Dalam skala mikro, dampak vegetasi terhadap lingkungan sekitar cukup signifikan. Efek vegetasi dipengaruhi oleh luasan RTH dan interval atau jarak antar RTH (Doick et al., 2014). RTH yang kecil namun dengan jarak yang mencukupi lebih efektif dalam menurunkan suhu sekitarnya dibandingkan dengan RTH yang lebih luas namun jaraknya sangat berjauhan (Shashua-Bar and Hoffman, 2000). Boukhabla et al. (2013) menyatakan saat siang hari daerah bertaman lebih dingin dibandingkan daerah manapun di areal perkotaan. Vegetasi adalah kunci untuk menurunkan suhu udara dalam skala mikro. RTH merupakan satu permukaan yang mengalami evapotranspirasi selain danau.

Setiap titik di ruang terbuka hijau memiliki efek pendinginan yang berbeda-beda. Pengaruh efek pendinginan akan semakin kecil saat semakin jauh dari RTH. Studi Bencheikh and Rchid (2012) menunjukkan suhu di dalam RTH di daerah Algeria lebih rendah antara 5 hingga 10°C jika dibandingkan titik kontrol (tanpa vegetasi). Perbedaan maksimum antara wilayah RTH dengan wilayah terbangun di wilayah tropis tidak sebesar 4°C (Wong and Yu, 2005). Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bahwa ruang terbuka

* Corresponding author: sobrieffendy2001@gmail.com

hijau mampu menurunkan suhu udara sekitar (efek pendinginan), menggunakan model empiris untuk mengkaji besar efek pendinginan yang terjadi, dan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap efek pendinginan serta berapa besar kontribusi dari faktor-faktor tersebut.

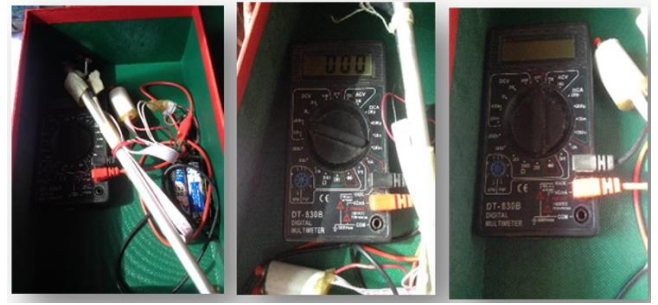
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah termometer dengan sensor LM 35 (Gambar 1). Sensor LM 35 bisa mengukur suhu udara dengan lebih akurat dibandingkan thermistor. Sensor ini memiliki output berupa voltase yang dikonversi secara proporsional menjadi derajat celcius. Sehingga dalam menggunakan sensor LM 35 ini memerlukan voltmeter untuk melihat output nilai.

Pengukuran *partial shade area* (PSA) juga dilakukan dalam penelitian ini. PSA adalah persentase tutupan kanopi di setiap titik pengukuran suhu udara sepanjang lokasi. Persentase kanopi didapat dari mengambil gambar tutupan atau kanopi menggunakan kamera. Gambar yang didapat

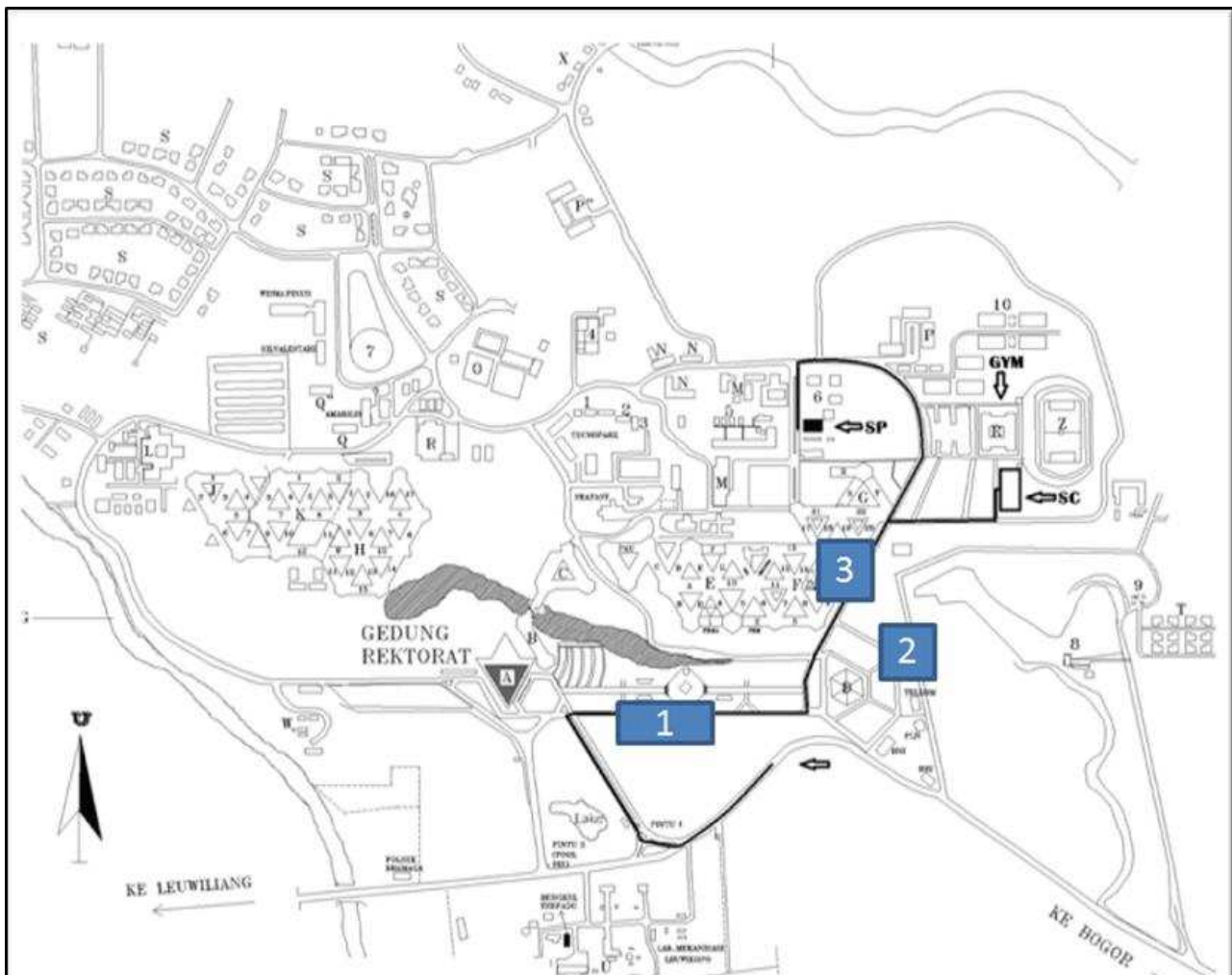
didefinisikan menggunakan ArcGis untuk mendapatkan persentase yang lebih akurat.



Gambar 1 Termometer dengan Sensor LM 35

Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah lokasi yang memiliki RTH berupa pohon sepanjang lokasi (Gambar 2). Lokasi yang dipilih adalah Arboretum Bambu (lokasi 1), Area Parkir Graha Widya Wisuda (lokasi 2) dan Jalan Faperta-Fmipa (lokasi 3). Data yang dikumpulkan adalah suhu bola basah, suhu bola kering, dan juga PSA. Setiap lokasi diukur sebanyak 7 kali setiap pagi pukul 06.00 dan siang pukul 14.00 WIB. Masing-masing merepresentasikan suhu minimum dan maksimum harian.



Gambar 2 Lokasi Penelitian (sumber: *faspro.ipb.ac.id*)

Lokasi 1 ada di sepanjang di "Arboretum Bambu" hingga Lapangan Rektorat. Ada 20 titik yang diukur sepanjang lokasi termasuk titik kontrol sebagai acuan untuk membuktikan adanya efek pendinginan (Tabel 1). Titik kontrol dari lokasi ini berada di dekat lapangan rektorat.

Titik kontrol dipilih berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya yaitu mendapatkan sinar matahari sehari penuh serta tidak ada pohon atau

kanopi yang menghalangi jatuhnya sinar matahari ke permukaan. Lokasi 2 adalah lapangan parkir GWW hingga Jalan Raya Dramaga. Lokasi ini memiliki 13 titik yang diukur termasuk titik kontrol (Tabel 1). Titik kontrol pada lokasi ini ada di seberang BNI Kantor Cabang Dramaga. Lokasi 3 merupakan jalan sepanjang Faperta hingga Fmipa memiliki 14 titik ukur termasuk titik kontrol. Titik kontrol pada lokasi 3 ada di jalan raya depan Gymnasium IPB.

Tabel 1 Tempat dan Data yang Diambil

Lokasi	Panjang (m)	Titik Penelitian	Jumlah Data
(1) Arboretum Bambu	200	20	280
(2) Lapangan Parkir GWW	130	13	182
(3) Jalan Faperta-Fmipa	140	14	196
Total	470	47	658

Prosedur Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis statistik dari data suhu udara dan kelembaban yang diperoleh sepanjang lokasi. Hubungan antara suhu dan kelembaban serta efek pendinginan di dalam dan luar lokasi dijelaskan dalam penjabaran.

Bar dan Hoffman 2000 mengatakan bahwa efek pendinginan bisa diukur jika di suatu lokasi terdapat titik kontrol. Titik kontrol ini dipilih berdasarkan dua kriteria: Kriteria pertama titik kontrol dekat dengan lokasi berjarak 50-100 m, kriteria kedua adalah tidak ada tutupan atau kanopi di titik kontrol dan mendapatkan sinar matahari sehari.

Dari kriteria tersebut, titik kontrol ditentukan untuk setiap lokasi. Titik kontrol ini merepresentasikan kondisi lokasi tanpa tutupan vegetasi. Metode regresi linear digunakan untuk mengestimasi efek pendinginan di dalam lokasi. Variabel yang diperhitungkan dalam mengukur efek pendinginan pada penelitian ini adalah tutupan kanopi atau PSA, suhu dasar lokasi, dan efek spesifik lokasi.

Tutupan kanopi atau PSA memiliki peranan penting dalam analisis model untuk menduga suhu udara di dalam lokasi. Di dalam ruang terbuka hijau dengan tutupan berupa pohon, efek pendinginan ditentukan dengan banyaknya tutupan kanopi dalam sebuah lokasi. Variasi tutupan kanopi berpengaruh terhadap efek tingkat pendinginan di dalam lokasi. Persamaan (1) digunakan untuk menghitung efek pendinginan dari variabel tutupan kanopi.

$$\Delta T_{(v-r),j,v} = a_v + b_2 PSA_{j,v} \quad (1)$$

Di mana j dan v adalah titik lokasi pengamatan, r adalah suhu yang diukur di titik kontrol, $\Delta T_{(v-r),j,v}$ adalah rata-rata efek pendinginan di titik j dari lokasi v , $PSA_{j,v}$ adalah tutupan kanopi di titik ke- j di dalam lokasi v .

Penjelasan kedua variabel yang diperhitungkan adalah suhu dasar lokasi. Kontribusi dari variabel ini cukup penting untuk membandingkan pengukuran yang diambil di hari yang berbeda di lokasi yang sama. Persamaan (2) digunakan untuk menghitung variabel ini.

$$\Delta T_{(v-r),i,j,v} = \text{constant} + b_1 T_{i,r,v} \quad (2)$$

Di mana titik j adalah suhu terendah yang ada di dalam lokasi v dalam hari ke- i di dalam pengukuran. Titik ini berada di pusat lokasi. Tempat ini dipilih untuk menganalisis efek dari suhu dasar lokasi.

Variabel ketiga dalam model regresi merepresentasikan efek pendinginan itu sendiri yang disebut efek spesifik lokasi. Variabel ini mengakomodasi variabel yang tidak terspesifikasi seperti konfigurasi geometris, karakteristik pohon, dan faktor pertumbuhan vegetasi. Efek dari variabel ini merepresentasikan kondisi konstanta dalam intersepsi regresi linier (Persamaan (3)).

$$A_v = a_v - b_1 (\bar{T}_{r,v} - \bar{T}_r) \quad (3)$$

Di mana A_v menunjukkan efek spesifik lokasi.

Ketiga variabel tersebut di atas masing-masing berdiri sendiri. Dengan begitu koefisien regresi dari model di atas bisa ditentukan secara terpisah dengan menggunakan regresi sederhana. Prosedur ini memiliki keuntungan karena cukup sederhana akan tetapi cukup akurat menentukan perbedaan koefisien dari setiap lokasi. Rangkaian tahapan penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir (Gambar 3).

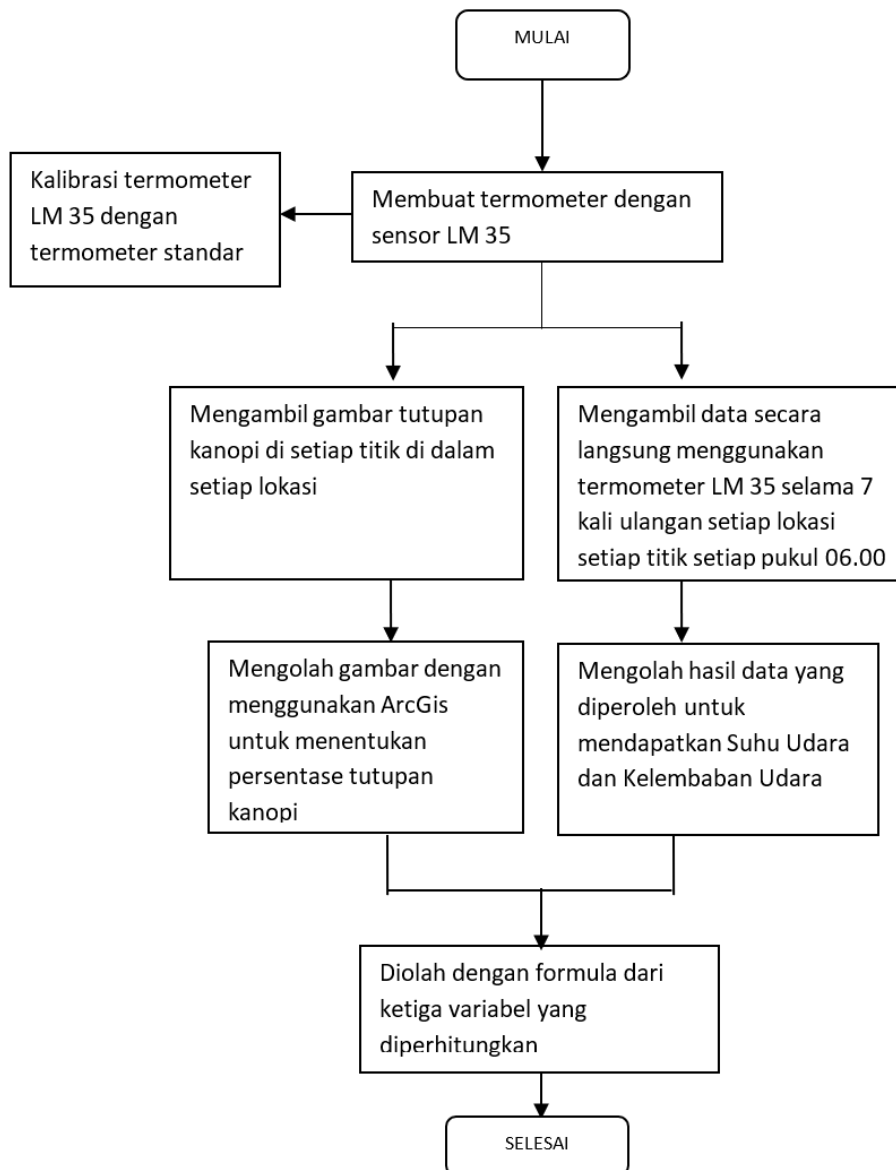
HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Udara dan Kelembaban

Perbedaan waktu pengukuran yaitu pukul 06.00 dan 14.00 WIB menunjukkan hasil yang berbeda.

Pengukuran pagi hari terdapat perbedaan suhu udara lebih kecil antara lokasi RTH dengan titik kontrol dibandingkan pengukuran pada siang hari. Pengukuran siang hari digunakan untuk menganalisis efek pendinginan di setiap lokasi. Seperti disebutkan

sebelumnya bahwa titik kontrol dipilih yang tidak memiliki tutupan kanopi dan mendapatkan sinar matahari sepanjang hari penuh. Dari Gambar 4 terlihat titik kontrol yang berada di ujung kanan grafik selalu memiliki suhu tertinggi.



Gambar 3 Diagram alir penelitian

Gambar 4 menunjukkan keadaan pada pagi hari, perbedaan di setiap titik pengukuran tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan titik kontrol. Dari hasil yang didapat, pada pagi hari di ketiga lokasi rata rata perbedaan suhu udara di dalam lokasi dengan kontrol adalah -0.4°C .

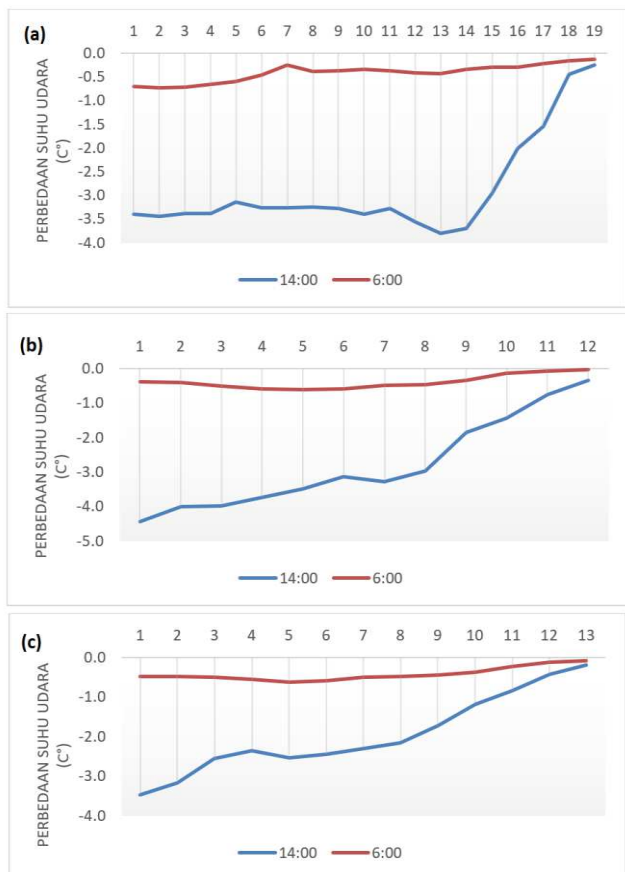
Pada siang hari, perbedaan suhu udara menunjukkan beda yang signifikan. Pada lokasi 1 (Gambar 4a) suhu di dalam lokasi ditunjukkan angka 1-15. Angka ini menunjukkan titik-titik pengukuran di dalam lokasi. Titik 16 sampai 19 merupakan titik di luar lokasi yang berjarak 10 m tiap titik. Titik ke 20 adalah titik kontrol dari lokasi 1. Titik 16-19 menunjukkan

peningkatan suhu yang cukup tajam, ini dikarenakan dalam titik tersebut sudah tidak ada tutupan kanopi lagi seperti di dalam lokasi. Rata rata penurunan suhu di lokasi 1 pada siang hari saat suhu maksimum adalah -2.9°C .

Lokasi 2 (Gambar 4b) seperti keterangan sebelumnya memiliki panjang lokasi sejauh 130 m termasuk dengan titik kontrol di dalamnya. Pada Gambar 4b, titik di dalam lokasi ditunjukkan nomor 1-8, 9 hingga 12 adalah titik di luar lokasi dan titik 13 adalah titik kontrol. Rata rata penurunan suhu di dalam lokasi ini adalah -3.1°C dibandingkan dengan suhu di titik kontrol. Gambar 4c yang menunjukkan kondisi di

lokasi 3. Titik 1-8 merupakan titik di dalam lokasi. Rata rata penurunan suhu di dalam lokasi ini -2.3°C pada siang hari.

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu udara di dalam lokasi selalu lebih rendah dibandingkan dengan titik kontrol. Semakin jauh titik kontrol dari lokasi, maka suhu udara juga akan semakin tinggi. Hasil serupa didapatkan Wong dan Yu 2005 di daerah tropis hasil perbedaan maksimum antara wilayah RTH dan tidak sebesar 4°C .



Gambar 4 Efek pendinginan harian pada (a) lokasi 1; (b) lokasi 2; (c) lokasi 3.

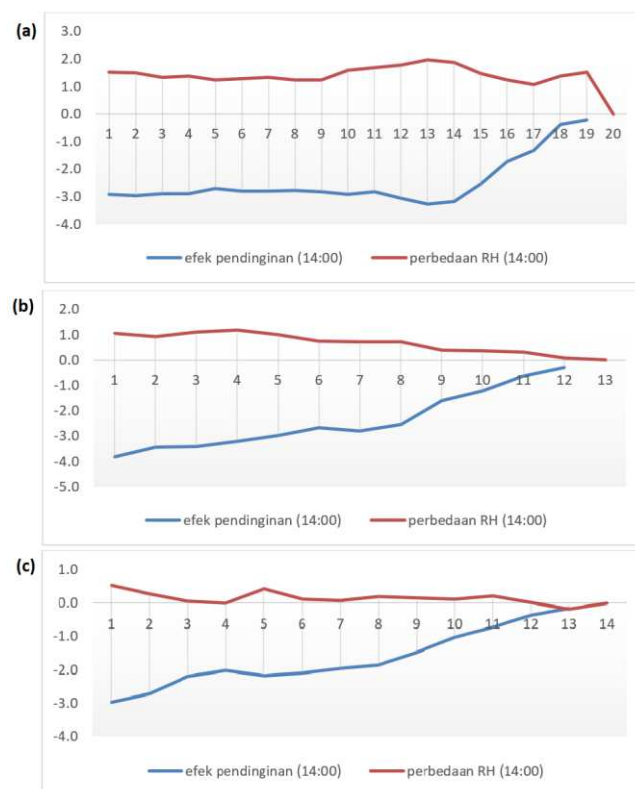
Kelembaban relatif yang didapat melalui penghitungan memiliki pola yang sama dengan efek pendinginan di dalam lokasi namun dalam bentuk yang berkebalikan. Semakin rendah suhu di dalam lokasi, perbedaan kelembaban dengan titik kontrol semakin signifikan. Lokasi 1,2,3 pada Gambar 5 menunjukkan perbandingan pola efek pendinginan dan kelembaban udara yang diukur pada siang hari pukul 14.00 WIB. Ketiga gambar tersebut menunjukkan bahwa di dalam lokasi dengan suhu udara yang lebih rendah memiliki kelembaban yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik kontrol. Kejadian ini membuktikan bahwa tanaman melakukan evapotranspirasi. Selain itu adanya tutupan atau kanopi, bisa menahan radiasi sinar matahari sehingga tidak langsung mengenai permukaan lahan. Shashua-Bar et al. (2009) membuktikan bahwa kombinasi pohon dengan rumput adalah kombinasi

yang paling sesuai untuk mendapatkan efek pendinginan maksimum.

Analisis Efek Pendinginan

Berdasarkan Gambar 4, lokasi 1 memiliki suhu udara terendah yang terukur di dalam lokasi tersebut adalah -3.3°C dihitung dari titik kontrol. Lokasi 2 dan 3 suhu udara terendah yang terukur adalah -3.8°C dan -3.0°C . Titik titik yang lain di dalam lokasi juga memiliki suhu yang lebih rendah dari titik kontrol. Hal ini membuktikan bahwa di dalam lokasi terjadi peristiwa efek pendinginan.

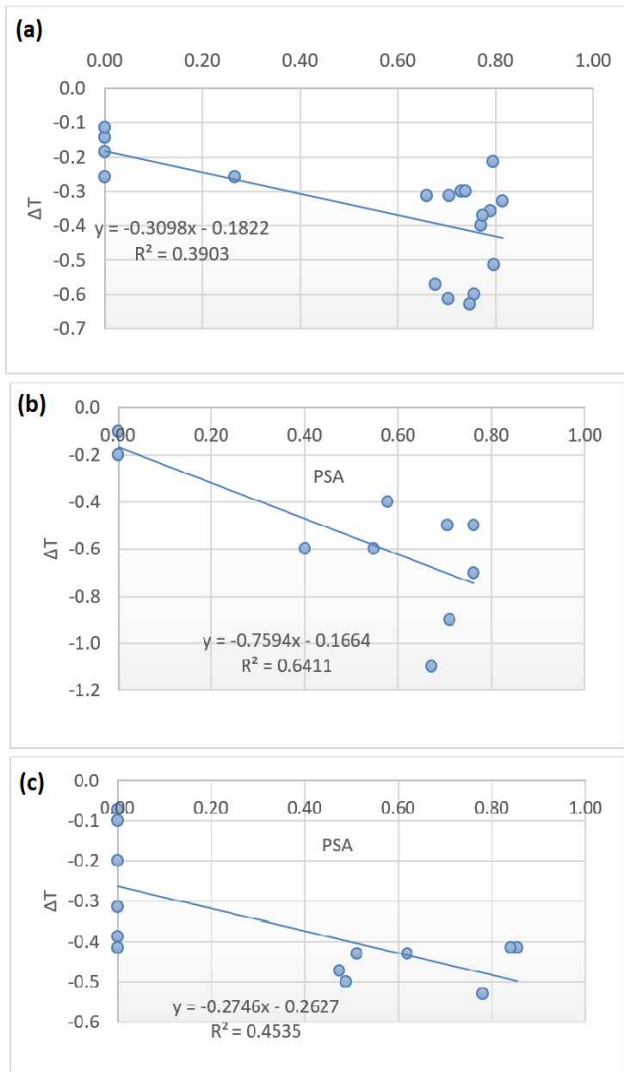
Disebutkan sebelumnya bahwa tutupan kanopi memiliki peranan penting dalam penurunan suhu udara di dalam lokasi dalam analisis model. Pada RTH dengan tutupan pohon, efek pendinginan ditentukan dari banyaknya tutupan kanopi di lokasi tersebut. Perbedaan intensitas kanopi berpengaruh terhadap besarnya efek pendinginan di lokasi tersebut. Untuk menghitungnya kita gunakan rumus pada Rumus 1.



Gambar 5 Perbandingan pola antara efek pendinginan dan kelembaban udara (a) lokasi 1; (b) lokasi 2; (c) lokasi 3

Hasil dari Rumus 1 menunjukkan bahwa ada perbedaan faktor determinasi antara tutupan kanopi atau PSA dengan efek pendinginan di dalam lokasi pada pagi hari dan siang hari. Gambar 6a menunjukkan hubungan antara PSA dengan efek pendinginan di lokasi 1 pada pagi hari. PSA di lokasi 1 pada pagi hari hanya memiliki koefisien determinasi sebesar 0.39, ini artinya PSA di lokasi tersebut tidak terlalu mempengaruhi besar kecilnya efek pendinginan di waktu tersebut. Gambar 6b dan 6c menunjukan

koefisien determinasi dari lokasi 2 dan 3. Lokasi 2, PSA nya pada pagi hari memiliki koefisien determinasi yang cukup besar dalam efek pendinginan yaitu 0.64. Hal ini mungkin terjadi karena titik kontrol lokasi 2 adalah jalan raya Dramaga yang cukup ramai meskipun pagi hari. Sehingga suhu kontrol cukup tinggi akibat adanya aktivitas transportasi yang cukup padat. Lokasi 3 memiliki koefisien determinasi yang lebih besar dari lokasi 1 sebesar 0.45. Hal ini menunjukkan PSA di dalam lokasi tersebut mempengaruhi efek pendinginan di dalam lokasi pada pagi hari.

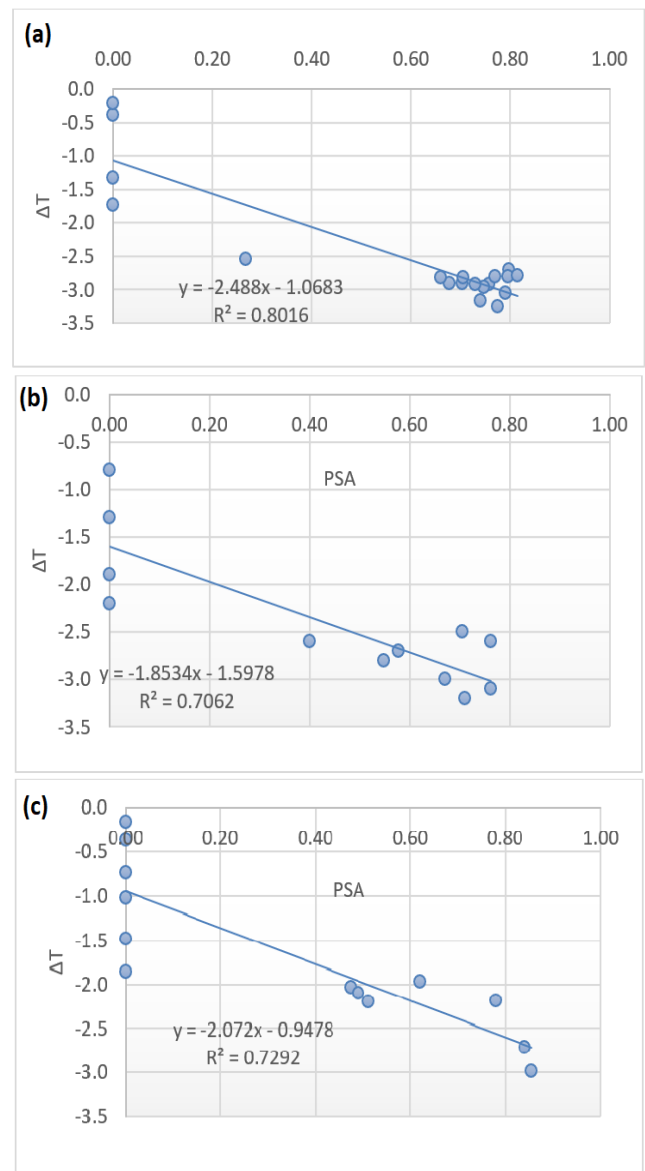


Gambar 6 Hubungan antara efek pendinginan dengan PSA di (a) lokasi 1; (b) lokasi 2; (c) lokasi 3 pukul 06.00 WIB

Pada siang hari, koefisien determinasi yang didapat lebih besar untuk setiap lokasi dibandingkan saat pagi hari. Lokasi 1 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7a memiliki koefisien determinasi tertinggi dibandingkan dengan lokasi 2 dan 3. Lokasi 1 yang memiliki prosentase kanopi paling banyak memperlihatkan besarnya efek pendinginan di siang hari. Faktor determinasi dari lokasi satu adalah 0.80, angka ini menunjukkan bahwa kanopi di lokasi ini juga memiliki peran yang cukup besar dalam efek

pendinginan. Untuk lokasi 2 dan 3 (Gambar 7b dan 7c), faktor determinasi dari kanopi masing masing didapatkan angka 0.71 dan 0.73. Berdasarkan hasil ini terlihat bahwa kanopi di lokasi 1 memiliki peran yang lebih besar dibandingkan lokasi 2 dan 3.

Semua koefisien determinasi yang didapat dari ketiga lokasi cukup signifikan pada siang hari. Rata-rata dari semua lokasi, PSA memiliki koefisien determinasi 0.75 dalam menurunkan suhu di dalam lokasi. Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata PSA di lokasi 1 pada siang hari menurunkan suhu sebesar -3.5°C . Lokasi 2 yaitu area parkir GWW, lebih besar lagi hingga -3.8°C dan lokasi 3 menurunkan suhu hingga -3.0°C .



Gambar 7 Hubungan antara efek pendinginan dengan PSA di (a) lokasi 1; (b) lokasi 2; (c) lokasi 3 pukul 14.00 WIB

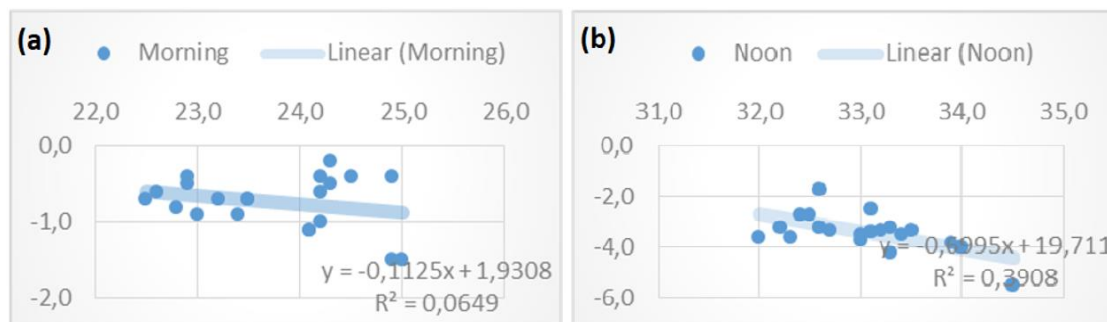
Pada Tabel 2 juga bisa dilihat rata-rata PSA dari setiap lokasi masing masing 0.56, 0.42, dan 0.35. Total rata-rata PSA dari ketiga lokasi tersebut adalah 0.44 atau 44% dari ketiga lokasi tersebut tertutup oleh kanopi. Berdasarkan hasil ini dapat dihitung kontribusi

Tabel 2 Hasil analisis regresi antara efek pendinginan ($\Delta T_{(v-r)}$) dan PSA untuk ketiga lokasi pukul 14.00 WIB

Lokasi	$\Delta T_{(v-r)} (C^{\circ})$	PSA _v	n	a _v	b ₂	r	$[(b_2 PSA_v)100]/(\Delta T_{(v-r)})$
(1) Arboretum	-3.5	0.565	20	-1.068	-2.488	0.80	40.6
(2) GWW	-3.8	0.428	13	-1.853	-1.853	0.71	20.7
(3) Jalan Faperta - Mipa	-3.0	0.352	14	-2.072	-2.072	0.73	24.4
Rata-rata	-3.4	0.448				0.75	28.6

efek pendinginan dari kanopi di masing masing lokasi. Lokasi 1, 40% efek pendinginan yang terjadi dikontribusi oleh PSA di lokasi tersebut. Lokasi 2 PSA berkontribusi 20 % untuk efek pendinginan, sementara

untuk lokasi 3 lebih dari 24%. Dari ketiga lokasi, didapatkan rata-rata di area lokasi 1,2 dan 3 PSA berkontribusi 28% dari efek pendinginan yang terjadi pada saat siang hari atau suhu maksimum.

**Gambar 8** Perbandingan Suhu Dasar lokasi saat (a) pagi hari dan (b) siang hari

Penjelasan variabel kedua yang juga diperhitungkan dalam model ini adalah suhu dasar lokasi. Kontribusi dari variabel ini sangat penting untuk perbandingan pengukuran yang dilakukan selama beberapa hari dalam satu lokasi. Rumus yang digunakan adalah Rumus 2 di mana titik j adalah titik dengan suhu paling rendah dari lokasi v pada hari ke-i dalam pengukuran. Titik ini biasanya ada di tengah-tengah lokasi. Tempat inilah yang dipilih untuk analisis lebih lanjut mengenai suhu dasar lokasi.

Suhu dasar diasumsikan memiliki nilai yang sama untuk semua lokasi. Suhu ini dihitung dengan meregresikan efek pendinginan di titik dengan suhu terendah sebagai variabel peubah. Suhu dasar dihitung terpisah antara pagi hari pukul 06.00 dan siang hari

pukul 14.00 WIB. Hasilnya, pada pagi hari suhu terdingin hanya memiliki koefisien determinasi 0.06 terhadap efek pendinginan. Sementara pada siang hari, koefisien determinasi yang didapat jauh lebih besar yaitu 0.39 (Gambar 8). Berdasarkan hal ini dapat disimpulkan, semakin tinggi suhu kontrol maka suhu dasar lokasi akan semakin rendah, jika suhu dasar dari lokasi rendah maka efek pendinginan semakin besar.

Variabel ketiga dalam model regresi penelitian ini adalah efek spesifik lokasi. Variabel ini mengakomodasi variabel yang tidak terspesifikasi seperti konfigurasi geometris, karakteristik pohon, dan faktor pertumbuhan vegetasi. Efek dari variabel ini merepresentasikan kondisi konstanta dalam intersepsi regresi linier. Rumus yang digunakan adalah Rumus 3.

Tabel 3 Efek Spesifik lokasi siang hari pukul 14.00 WIB

Lokasi	n	$\Delta T_{(v-r)} (C^{\circ})$	T _{r,v} (°C)	PSA _v	A _v (C°)	$(A_v \times 100)/\Delta T_{(v-r)}$
(1) Arboretum	20	-3.5	33.4	0.565	-0.84	24.4
(2) GWW	13	-3.8	32.9	0.428	-1.74	45.5
(3) Jalan Faperta - Mipa	14	-3.0	33.0	0.352	-1.03	34.5
Rata-rata		-3.4	33.1	0.448	-1.20	34.8

Efek spesifik di luar PSA menyumbang efek pendinginan rata rata sebesar 34.8% (Tabel 3). Lokasi 2 menunjukkan bahwa 45.5% dari efek pendinginan disebabkan variabel yang tidak terspesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi geometris, karakter pohon dan faktor pertumbuhan vegetasi juga berpengaruh terhadap efek pendinginan. Lokasi 1 dan 3 tutupan lahannya berupa aspal yang berwarna hitam berbeda dengan lokasi 2 tutupan lahannya berupa

paving berwarna putih. Ini yang menyebabkan lokasi 2 45.5% dari efek pendinginan disumbang oleh efek spesifik lokasi. Tabel 4 menunjukkan bahwa efek pendinginan terjadi juga di luar lokasi. Adanya hubungan antara jarak batas lokasi dengan suhu (Tabel 4). Semakin mendekati batas lokasi atau 0 meter, efek pendinginan yang terjadi semakin besar. Dapat dilihat dari ketiga lokasi rata rata penurunan setiap interval 10 m hampir sama sekitar 1.6.

Tabel 4 Efek pendinginan di luar lokasi pukul 14.00 WIB

Lokasi	Titik Kontrol	Tr (°C)	Efek Pendinginan (C°)					
			Jarak dari Batas lokasi					
			Batas lokasi	10	20	30	40	50
(1) Arboretum	Lapangan Rektorat	33.4	2.5	1.7	1.3	0.4	0.2	-
(2) GWW	Jalan Raya Dramaga	32.9	2.6	1.6	1.2	0.6	0.3	-
(3) Jalan Faperta - Mipa	Jalan Faperta	33.0	1.9	1.5	1.0	0.7	0.4	-
Rata-rata		33.1	2.3	1.6	1.2	0.6	0.3	

KESIMPULAN

Penelitian ini ingin menunjukkan pengaruh dari ruang terbuka hijau terhadap penurunan suhu udara sekitar. Untuk mencapai hal tersebut, pengukuran di lapang yang dilengkapi dengan pemodelan empiris berhasil menunjukkan pengaruh ruang terbuka hijau terhadap pendinginan suhu udara. Efek pendinginan bervariasi menurut waktu dengan kontribusi maksimum pada waktu siang hari. Kami menemukan bahwa luas ternaungi kanopi vegetasi berkontribusi besar terhadap efek pendinginan pada siang hari hingga mencapai 28%. Faktor-faktor vegetasi lain yang berpengaruh yaitu karakter pohon, konfigurasi geometri, dan faktor pertumbuhan vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Argüeso, D., Evans, J.P., Fita, L., Bormann, K.J., 2014. Temperature response to future urbanization and climate change. *Climate Dynamics* 42, 2183–2199. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1789-6>
- Bencheikh, H., Rchid, A., 2012. The effects of green spaces (Palme trees) on the microclimate in arides zones, case study: Ghardaia, Algeria. *Energy Procedia* 18, 10–20.
- Boukhadra, M., Alkama, D., Bouchair, A., 2013. The effect of urban morphology on urban heat island in the city of Biskra in Algeria. *International Journal of Ambient Energy* 34, 100–110. <https://doi.org/10.1080/01430750.2012.740424>
- Doick, K.J., Peace, A., Hutchings, T.R., 2014. The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island. *Science of The Total Environment* 493, 662–671. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.048>
- Feng, H., Zhao, X., Chen, F., Wu, L., 2014. Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island. *Advances in Space Research* 53, 463–473. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2013.11.028>
- Fu, P., Weng, Q., 2016. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment* 175, 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.040>
- Haq, S., 2011. Urban green spaces and an integrative approach to sustainable environment. *Journal of Environmental Protection* 2, 601–608. <https://doi.org/10.4236/jep.2011.25069>
- Kardinal Jusuf, S., Wong, N.H., Hagen, E., Anggoro, R., Hong, Y., 2007. The influence of land use on the urban heat island in Singapore. *Habitat International* 31, 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2007.02.006>
- Li, Y., Zhu, L., Zhao, X., Li, S., Yan, Y., 2013. Urbanization Impact on Temperature Change in China with Emphasis on Land Cover Change and Human Activity. *Journal of Climate* 26, 8765–8780. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00698.1>
- Radhi, H., Fikry, F., Sharples, S., 2013. Impacts of urbanisation on the thermal behaviour of new built up environments: A scoping study of the urban heat island in Bahrain. *Landscape and Urban Planning* 113, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.01.013>
- Ren, G., Zhou, Y., 2014. Urbanization Effect on Trends of Extreme Temperature Indices of National Stations over Mainland China, 1961–2008. *J. Climate* 27, 2340–2360. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-13-00393.1>
- Schmitz, C., van Meijl, H., Kyle, P., Nelson, G.C., Fujimori, S., Gurgel, A., Havlik, P., Heyhoe, E., d'Croz, D.M., Popp, A., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugghe, D., von Lampe, M., Wise, M., Blanc, E., Hasegawa, T., Kavallari, A., Valin, H., 2014. Land-use change trajectories up to 2050: insights from a global agro-economic model comparison. *Agricultural Economics* 45, 69–84. <https://doi.org/10.1111/agec.12090>
- Shashua-Bar, L., Hoffman, M.E., 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings* 31, 221–235. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00018-3)
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., Erell, E., 2009. The cooling efficiency of urban landscape strategies

- in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning* 92, 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.04.005>
- Wong, N.H., Yu, C., 2005. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. *Habitat International* 29, 547–558. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2004.04.008>
- Wu, H., Ye, L.-P., Shi, W.-Z., Clarke, K.C., 2014. Assessing the effects of land use spatial structure on urban heat islands using HJ-1B remote sensing imagery in Wuhan, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 32, 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.03.019>
- Wu, K., Ye, X., Qi, Z., Zhang, H., 2013. Impacts of land use/land cover change and socioeconomic development on regional ecosystem services: The case of fast-growing Hangzhou metropolitan area, China. *Cities* 31, 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.08.003>
- Yu, Y., Feng, K., Hubacek, K., 2013. Tele-connecting local consumption to global land use. *Global Environmental Change* 23, 1178–1186. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.04.006>
- Zhang, H., Qi, Z., Ye, X., Cai, Y., Ma, W., Chen, M., 2013. Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. *Applied Geography* 44, 121–133. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.07.021>
- Zhao, L., Lee, X., Smith, R.B., Oleson, K., 2014. Strong contributions of local background climate to urban heat islands. *Nature* 511, 216.